

Dvojitě vyvážený směšovač pro KV pásma

Doubly balanced mixer for short-wave bands

Úvodem / Intro

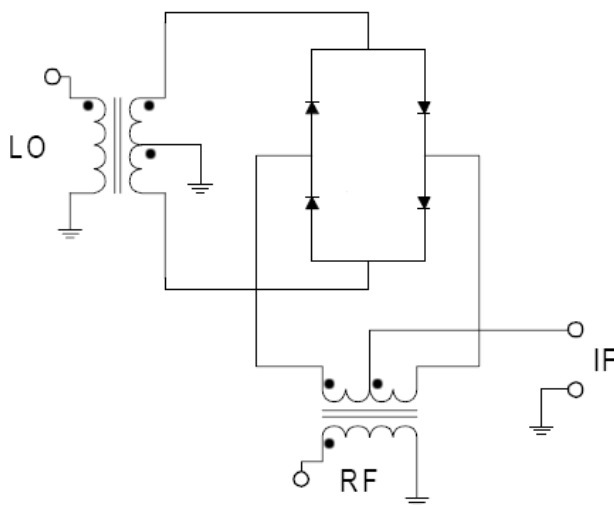
Cílem tohoto miniprojektu bylo zkonstruovat diodový směšovač vhodný pro účely krátkovlnného TRXu. Tento dokument popisuje použité zapojení, realizaci směšovače a uvádí naměřené údaje. Součástí textu není návod, kterak správně navrhovat transformátory použité v tomto směšovači!

Goal of this miniproject was to develop a diode ring mixer that could be used in a 7MHz short-wave transceiver. This document briefly describes circuitry of the mixer, my construction and measurement results. It doesn't describe optimal design of RF transformers that are used in this mixer!

Zapojení / Circuitry

Popisovaný směšovač používá naprosto standardní zapojení kruhového dvojitě vyváženého diodového směšovače – viz. obrázek 1. Byly použity diody 1N4148 a toroidy FT37-43 (10 závitů trifilárního vedení drátem 0,1mm).

Frequency mixer being herein described uses standard ring-diode double balanced diode mixer – as per figure 1. I used standard 1N4148 diodes and FT37-43 toroids (10 turns of trifilar line, 0,1mm wire diameter).

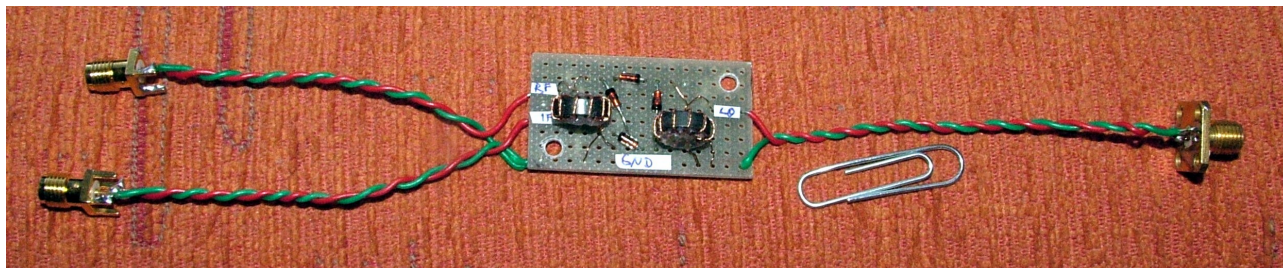


Obr. 1: Zapojení
Fig.1: circuitry

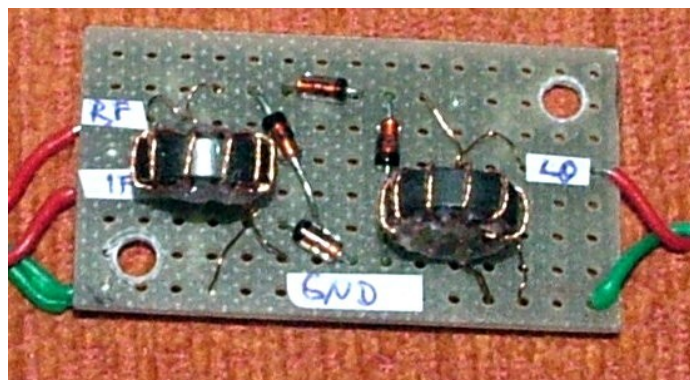
Realizace / realization

Směšovač jsem realizoval velmi jednoduše na kousku univerzálního plošného spoje. Vše je zřejmé z následujícího obrázku 2a a 2b.

I manufactured the mixer on a piece of general purpose prototyping PCB. See figure 2a, 2b.



a)

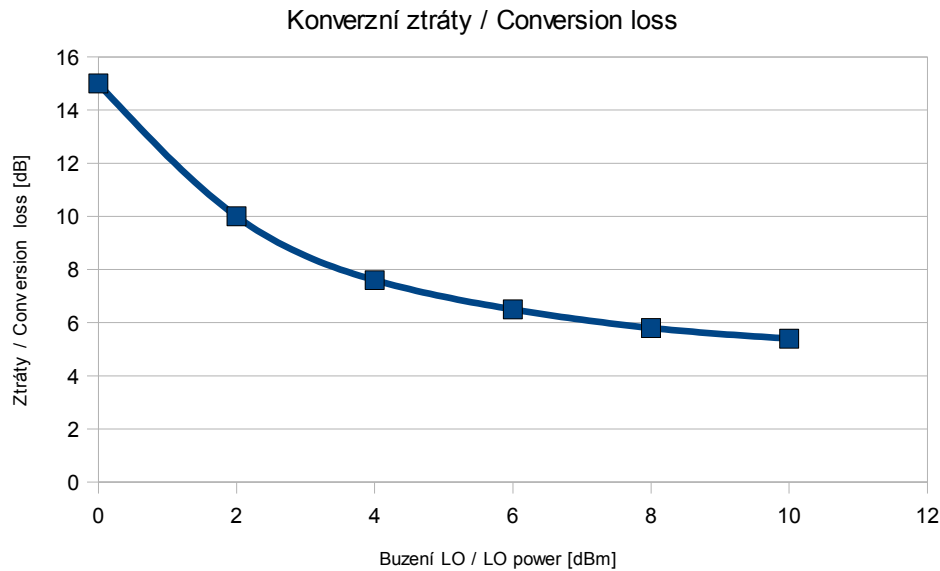


b)

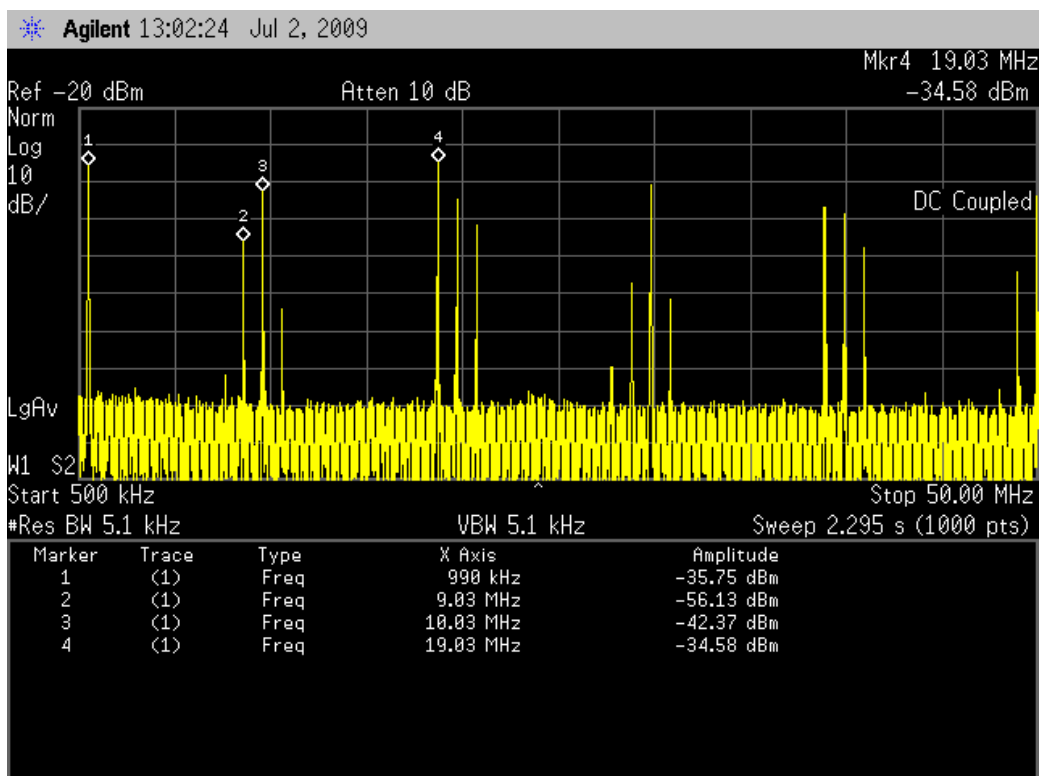
Obr. 2A, 2b: Realizace
Fig.2a, 2b: Realization

Měření

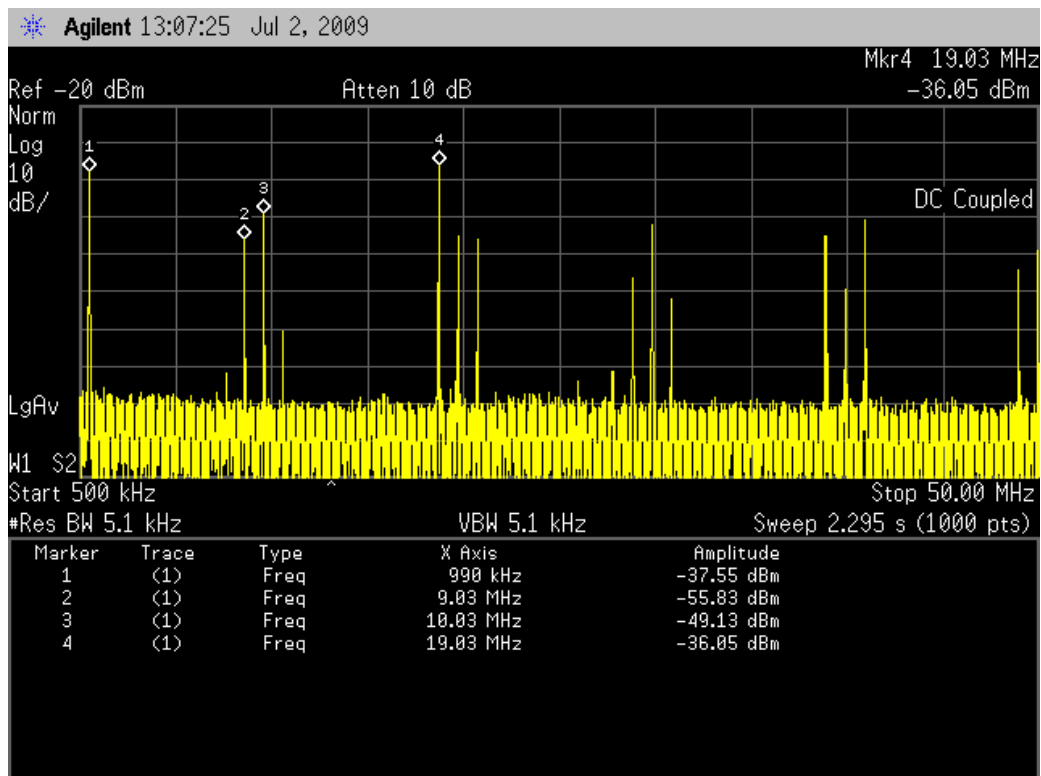
U realizovaného směšovače jsem měřil prvně závislost konverzních ztrát na výkonu lokálního oscilátoru. Pro vstupní RF signál o kmitočtu 9MHz a výkonu -30dBm a kmitočtu lokálního oscilátoru 10MHz jsou výsledky zachyceny naniže uvedeném grafu 1. Je vidět, že kompromis mezi budícím výkonem a konverzními ztrátami leží někde okolo hranice +6dBm. Nad tímto budícím výkonem se již ztráty snižují jen pomalu. Další obrázky (3 a 4) zachycují výstupní spektrum na IF svorce pro budící výkon LO 4 respektive 8dBm (kmitočet LO je opět 10MHz a kmitočet RF 9MHz).



Graf 1: Závislost konverzních ztrát
Chart 1: Conversion loss dependency



Obr. 3: Spektrum na IF svorce, buzení +8dBm
Fig. 3: Spectrum on the IF port @ +8dBm



Obr. 4: Spektrum na IF svorce, buzení +4dBm

Fig. 4: Spectrum on the IF port @ +4dBm

Co se týče s-parametrů, ty jsou zachyceny na sérii obrázků 5 až 8. K nim následuje krátký komentář o tom, kterak byla měření těchto parametrů provedena:

- **Obrázek 5:** Svorka LO byla buzena ze signálového generátoru (dále jen SG) harmonickým signálem o kmitočtu 10MHz a výkonu +6dBm. Svorky RF a IF byly zapojeny na měřicí porty vektorového obvodového analyzátoru (dále jen VNA). Měřicí výkon na VNA byl nastaven dostatečně nízko, aby neovlivňoval výsledné charakteristiky (-10dBm, nižší výkon již neovlivňoval výsledek). Změřen byl útlum odrazů IF svorky (s22). Naměřená skoková změna na kmitočtu 10MHz je zřejmě způsobena přítomností LO signálu z SG.
- **Obrázek 6:** Svorka LO byla buzena ze SG harmonickým signálem o kmitočtu 10MHz a výkonu +6dBm. Svorky RF a IF byly zapojeny na měřicí porty VNA. Výkon VNA byl nastaven dostatečně nízko, aby neovlivňoval výsledné charakteristiky (-10dBm). Změřen byl útlum odrazů RF svorky (s11). Naměřená skoková změna na kmitočtu 10MHz je zřejmě způsobena přítomností LO signálu z SG.
- **Obrázek 7:** Svorky IF a RF byly zatíženy umělou zátěží. Svorka LO byla připojena k prvnímu měřicímu portu VNA. Měřicí výkon VNA byl nastaven na +6dBm. Změřena byla charakteristika s11.
- **Obrázek 8a:** Svorka RF byla připojena k umělé zátěži. Svorky LO a IF byly připojeny k VNA s měřicím výkonem nastaveným na +6dBm. Změřena byla charakteristika s21. Graf tedy ukazuje „prosakování“ LO signálu do IF portu.
- **Obrázek 8b:** Svorka IF byla připojena k umělé zátěži. Svorky LO a RF byly připojeny k VNA s měřicím výkonem nastaveným na +6dBm. Změřena byla charakteristika s21. Graf tedy ukazuje „prosakování“ LO signálu do RF portu.
- **Obrázek 8c:** Svorka LO byla připojena k SG a buzena signálem 10MHz, +6dBm. Svorky RF a IF byly připojeny na VNA. Měřicí výkon VNA byl nastaven na -10dBm. Změřena byla

charakteristika s_{21} (s_{12} je identické). Graf ukazuje „prosakování“ RF signálu do IF portu (a naopak). NEJDE O KONVERZNÍ ZTRÁTY!!! (v případě konverzních ztrát se porovnávají vstupní a výstupní výkony na dvou různých kmitočtech!)

Nutno dodat, že měření byla provedena na směšovači přesně jak je zobrazen na obrázku 2 – tedy i s přívodními vedeními z kroucené dvojlinky dlouhými cca 4cm.

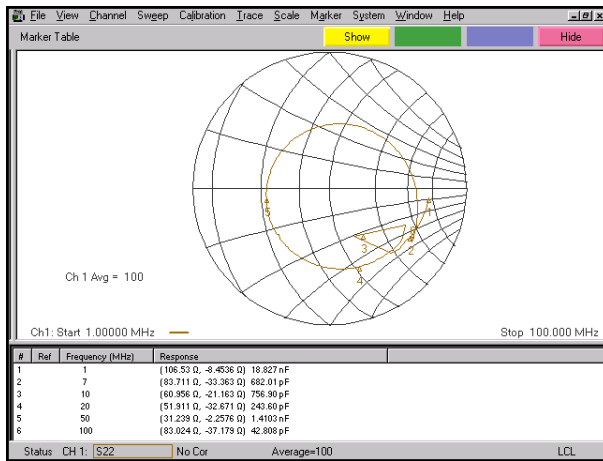
Measurements

Firstly I measured dependency of conversion loss on local oscillator power at mixer being described. Results for 9MHz, -30dBm RF signal and 10MHz LO signal are shown on Chart 1. It can be seen that a compromise value between LO power and conversion loss lies around +6dBm. Above this LO power the conversion loss decreases slowly. Figures 4 and 5 show spectrum on the IF port for +4dBm and +8dBm LO power respectively (again, LO is 10MHz and RF is 9MHz).

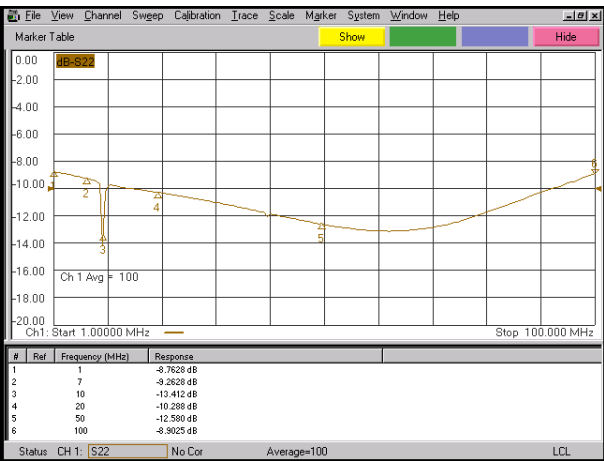
As for the s-parameters, they are captured on figures 5 through 8. A short text describing how these plots & measurements were obtained follows:

- *Figure 5:* LO port is excited from a signal generator (SG) by a harmonic 10MHz +6dBm signal. RF and IF ports were connected to a vector network analyzer (VNA). Measurement power of the VNA was set to -10dBm. This power is sufficiently low and doesn't influence the result. Reflection loss on the IF port was measured. The dip in the figure at 10MHz is caused by presence of LO signal from SG.
- *Figure 6:* LO port is excited from the SG by a harmonic 10MHz +6dBm signal. RF and IF ports were connected to the VNA. Measurement power of the VNA was set to -10dBm. This power is sufficiently low and doesn't influence the result. Reflection loss on the RF port was measured. The dip in the figure at 10MHz is caused by presence of LO signal from SG.
- *Figure 7:* IF and RF ports were connected to a 50Ω dummy load. LO port was connected to VNA. VNA power was set to +6dBm. Reflection loss on the LO port was measured.
- *Figure 8a:* RF port was connected to a 50Ω dummy load. LO and IF ports were connected to the VNA with power set to +6dBm. Transmission characteristic s_{21} was measured. So this plot depicts leakage of LO signal into the IF port.
- *Figure 8b:* IF port was connected to a 50Ω dummy load. LO and RF ports were connected to the VNA with power set to +6dBm. Transmission characteristic s_{21} was measured. So this plot depicts leakage of LO signal into the RF port.
- *Figure 8c:* LO port was connected to the SG and excited by a 10MHz +6dBm signal. RF and IF ports were connected to the VNA. VNA power was set to -10dBm. transmission characteristic s_{21} was measured. So this chart depicts leakage of RF signal into the IF port. This means that THIS CHART DOESN'T REPRESENT CONVERSION LOSS!!!

It should be noted here that all these measurements were performed on a mixer as depicted on figure 2 – thus with the 4cm long twisted-pair lines on all three ports.

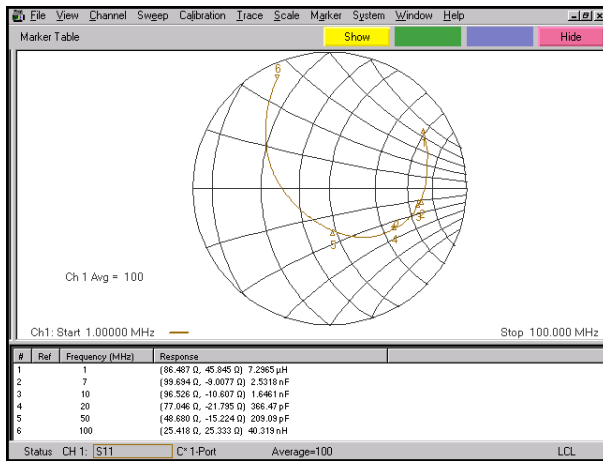


a)

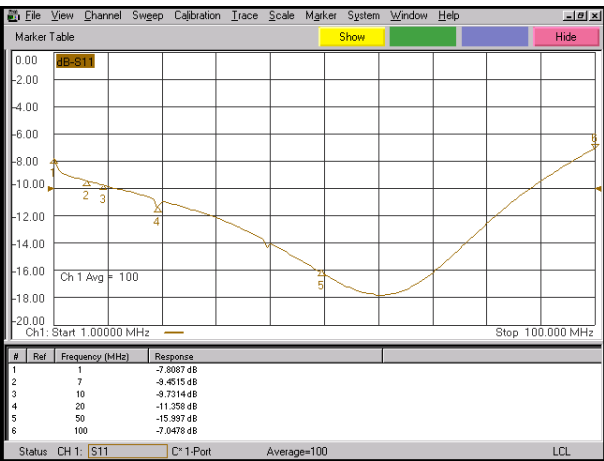


b)

Obr. 5: Útlum odrazů na IF svorce: a) Smithův diagram, b) $\log(|S_{11}|)$
 Fig. 5: Reflection loss on IF port: a) Smith diagram, b) $\log(|S_{11}|)$

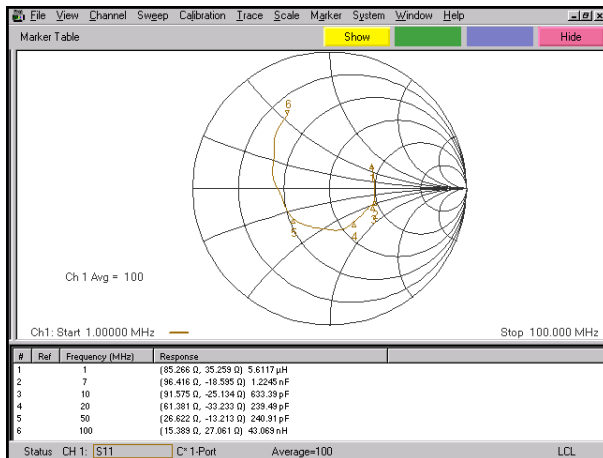


a)

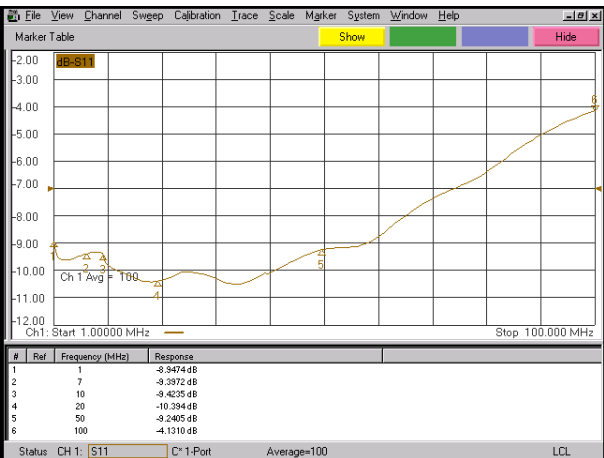


b)

Obr. 6: Útlum odrazů na RF svorce: a) Smithův diagram, b) $\log(|S_{11}|)$
 Fig. 6: Reflection loss on RF port: a) Smith diagram, b) $\log(|S_{11}|)$

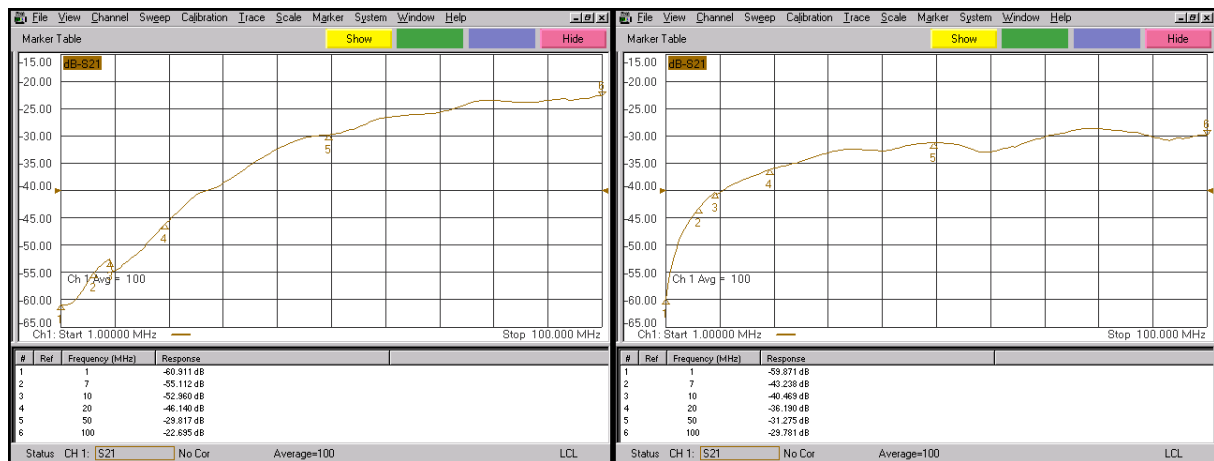


a)



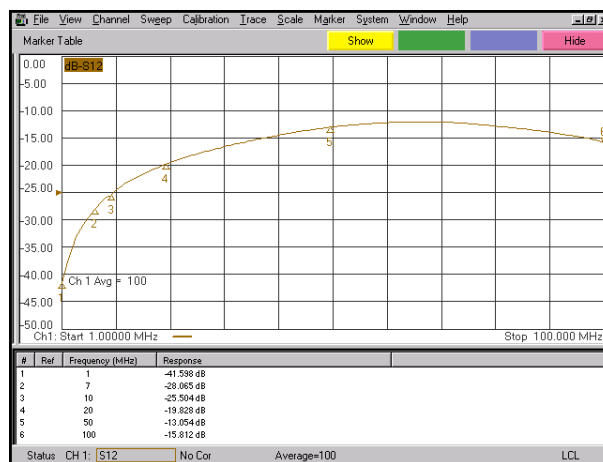
b)

Obr. 7: Útlum odrazů na LO svorce: a) Smithův diagram, b) $\log(|S_{11}|)$
 Fig. 7: Reflection loss on LO port: a) Smith diagram, b) $\log(|S_{11}|)$



a)

b)



c)

Obr. 8: Izolace mezi bránami: a) LO-IF, b) LO-RF, c) RF-IF
 Fig. 8: Port-to-port isolation: a) LO-IF, b) LO-RF, c) RF-IF

Závěrem / Conclusion

Z uvedených obrázků je patrné, zejména z průběhů izolace na obr. 8, že pro KV pásma je uvedený směšovač plně dostačující a dosahuje dobrých parametrů. S přimhouřením oka jej lze použít až do kmitočtu 50MHz. V případě vyšších kmitočtů je zapotřebí použít zejména jiné transformátory a vše provést precizněji.

Measurements of manufactured mixer show (namely measurement depicted on figure 8) that mixer being described here is well suitable for all short-wave bands. With degraded performance it can also be used on the 50MHz band. In case of higher frequencies one should use a different transformers and use more precise assembly.